

**ВЛИЯНИЕ НАНОЧАСТИЦ ОКСИДА ЦИНКА НА БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ
ПРОРОСТКОВ ПШЕНИЦЫ**А.Е. Кузнецова

Научный руководитель: к.т.н. А.Ю. Годымчук

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: midnight777lonely@gmail.com**EFFECT OF ZINC OXIDE NANOPARTICLES ON BIOMETRIC PARAMETERS OF WHEAT
SEEDLINGS**A.E. Kuznetsova

Scientific Supervisor: Dr. A.Yu. Godymchuk

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str. 30, 634050

E-mail: midnight777lonely@gmail.com

Abstract. Production and application of nanopowders intensively develop and cause nanoparticles' release into the environment. Because of their high solubility, small size, high reactive properties and migration activity, nanoparticles can be both dangerous and useful for the plants. The effect of aqueous suspension of differently-sized zinc oxide nanoparticles (14, 25, 40, 100, 300 nm) was determined in the research. It was experimentally shown that nanoparticles did not cause significant influence on root length, increased the germination and growth rate of wheat seeds, and decreased root index.

Введение. Интенсивно развивающееся производство и применение нанопорошков создает условия для выделения наночастиц в окружающую среду и контакта с биосферой. Поэтому определение (эко)токсичности постоянно создаваемых наноматериалов является одной из важных задач. Известные данные по повышенной растворимости металлических наночастиц, их высокая миграционная активность в окружающей среде, малый размер и повышенная реакционная способность делают наночастицы с одной стороны, потенциально опасными для растительного мира [1-3], а с другой стороны, поставщиками необходимых микроэлементов в экосистемы [4-6]. При этом несмотря на то, что в литературе имеются работы по влиянию разных наночастиц на растительные тест-объекты, в силу большого разнообразия наночастиц, до сих пор недостаточно данных для сравнительного анализа поведения наночастиц металлов и их оксидов по отношению к высшим растениям.

Целью работы являлось определение влияния размера частиц на биометрические параметры проростков пшеницы в лабораторных условиях.

Эксперимент. В качестве объектов исследования были выбраны нанопорошки ZnO с разными размерами, полученные разными производителями: ZnO-14 и ZnO-25 (Plasmachem, Германия), ZnO-40 (Nanostructured & Amorphous Materials Inc., США), ZnO-100 (ООО «Платина», РФ) и ZnO-300 (ОАО «Эмпилс», РФ), где в обозначении указан средний размер частиц согласно данным производителей.

В работе готовили суспензии наночастиц с концентрацией по цинку 100 мг/л на дистиллированной воде ($\text{pH}=6,5\pm 0,6$, проводимость 0,2 мкС) при $25\pm 2^\circ\text{C}$. Для взвешивания частиц и

ниже проростков использовали аналитические весы ALC-110d4 Acculab (точность $\pm 0,001$). Суспензии и контроль в пластиковых закрытых емкостях перемешивались в ультразвуковой ванне ГРАД 28-35 (Grade Technology, Россия, 100 Вт) в течение 30 минут. Суспензии не хранили, использовали для эксперимента в течение 10 минут. Для экспериментов использовали зерна пшеницы сорта Ирень (*Triticum aestivum* L.) урожая 2017 г., предоставленные доцентом Томского государственного университета Куровским А.П. В работе 10 штук семян выкладывали на фильтрованную бумагу в стерильные чашки Петри на равноудаленном расстоянии, и семена равномерно смачивали их 7 мл приготовленных суспензий. Закрытые чашки Петри закутывали в прозрачный пакет и выдерживали в термостате ТС-1/80 при $25 \pm 2^\circ\text{C}$ в течение 48 часов. После выдерживания чашки доставали из термостата и стерильным пинцетом аккуратно доставали проросшие и не проросшие зерна и выкладывали их на черную ткань для фотографирования и измерения средней длины проросшего корня у проросших зерен (L) с помощью программы CorelDraw. На основании полученных изображений также рассчитывали всхожесть (B, %), как долю проросших семян.

После измерений проросшие семена возвращали в чашки Петри, при необходимости добавляли 3-5 мл воды и выдерживали под лампой (300 люкс) в течение 5 суток при $25 \pm 2^\circ\text{C}$. После этого стерильным пинцетом вынимали семена с корнем и зеленью, отрезали от зерна корни и побег, взвешивали и высушивали в термостате при 40°C в течение 24 ч. Затем рассчитывали скорость прироста сухой биомассы проростка и корневой индекс (КИ) как отношение масс сухого корня и зеленого побега.

Результаты. При исследовании биологических свойств наночастиц в работе определяли морфометрические параметры проросших семян: средняя длина корней проростков (рис.1), всхожесть (рис.1), отношение массы корней к массе зелёных побегов (рис.2) и средней скорости прироста надземной части проростка (рис.2). Проведенные эксперименты позволили установить некоторые закономерности.

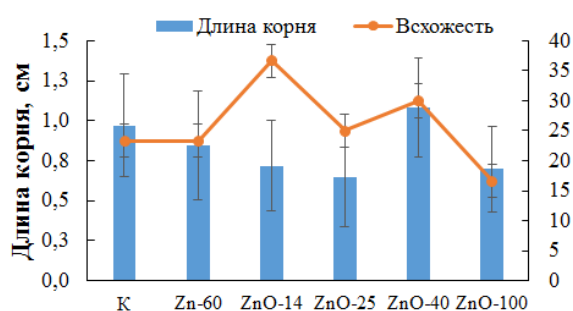


Рис. 1. Влияние наночастиц ZnO на среднюю длину корней (L) и всхожесть (B,%) проростков пшеницы (трёхкратный эксперимент)

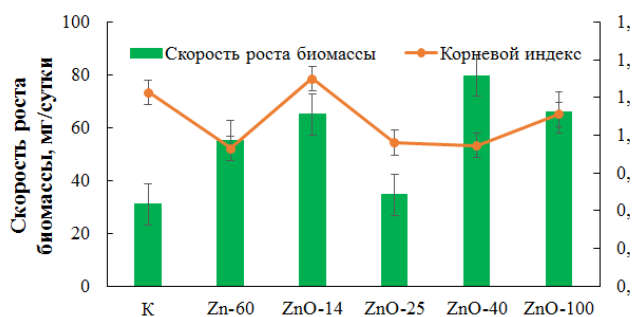


Рис. 2. Влияние наночастиц ZnO на корневой индекс (КИ) и скорость прироста биомассы проростков пшеницы (трёхкратный эксперимент)

Согласно полученным экспериментальным данным, добавление в питательную среду наночастиц ZnO с размерами 14...40 нм подавляет развитие корня, и длина корня уменьшается с увеличением размера частиц. Например, величина L для ZnO-14...ZnO-25...ZnO-40 составляет 0,84...0,72...0,65 см (рис.1). При большем размере частиц до 100 и 300 нм среднее значение длины корня становится близким к контрольному (0,97 см). Всхожесть в выбранном интервале размеров частиц оксида цинка остается на

уровне контроля (23,3 %), но для ZnO-14 наблюдается заметное увеличение всхожести до 36,7 %, а при добавлении ZnO-300 всхожесть заметно уменьшается (до 16,7%, рис.1).

В целом увеличение размера частиц способствует уменьшению корневого индекса. Например, для частиц ZnO-14...ZnO-25...ZnO-40...ZnO-100...ZnO-300 корневой индекс составляет 0,91...1,38...0,95...0,93...1,13 по сравнению с контролем 1,29 (рис.2). В то время как в контроле развитие проростка сдвинуто в сторону роста корня (масса корня выше массы побега, индекс 1,29), в присутствии наночастиц в целом рост корня постепенно угнетается в пользу роста побега (корневой индекс уменьшается). Из литературы известно о развитии стрессоустойчивости растений при избыточном росте корней. Здесь показан обратный случай: стрессоустойчивость растений при добавлении наночастиц оксида цинка подавляется. Наряду с развитием побега в присутствии наночастиц в целом сохраняется или увеличивается средняя скорость образования побегов (рис.2). При этом самая высокая скорость отмечена у наночастиц с размером 100 нм (79,67 мг/сутки по сравнению с 31 мг/сутки в контроле).

Заключение. В результате проведенных исследований было определено влияние водных суспензий наночастиц оксида цинка на проростки пшеницы. Эксперимент выявил, что наночастицы не оказали значительного влияния на длину корня, повысили всхожесть и скорость прироста биомассы и уменьшили значение корневого индекса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Yang, Z., Chen, J., Dou, R., Gao, X., Mao, C., Wang, L. (2015). Assessment of the phytotoxicity of metal oxide nanoparticles on two crop plants, maize (*Zea mays* L.) and rice (*Oryza sativa* L.) [Electronic version]. International Journal of Environmental Research and Public Health, no. 12, pp. 15100-15109.
2. Li, M., Ahammed, G. J., Li, C., Bao, X., Yu, J., Huang, C., Yin, H., Zhou, J. (2016). Brassinosteroid ameliorates zinc oxide nanoparticles-induced oxidative stress by improving antioxidant potential and redox homeostasis in tomato seedling [Electronic version]. Frontiers in Plant Science, no. 7, p. 15.
3. Bandyopadhyay, S., Plascencia-Villa, G., Mukherjee, A., Rico, C. M., José-Yacamán, M., Peralta-Videa, J. R., Gardea-Torresdey, J. L. (2015). Comparative phytotoxicity of ZnO NPs, bulk ZnO, and ionic zinc onto the alfalfa plants symbiotically associated with *Sinorhizobium meliloti* in soil [Electronic version]. Science of the Total Environment, no. 515-516, pp. 60-69.
4. Prasad, T., Sudhakar, P., Sreenivasulu, Y., Latha, P., Munaswamy, V., Reddy, K. R., Sreeprasad, T. S., Sajjanlal, P. R., Pradeep, T. (2012). Effect of nanoscale zinc oxide particles on the germination, growth and yield of peanut [Electronic version]. Journal of Plant Nutrition, no. 35, pp. 905-927.
5. Subbaiah, L.V., Prasad, T., Krishna, T. G., Sudhakar, P., Reddy, B. R., Pradeep, T. (2016). Novel effects of nanoparticulate delivery of zinc on growth, productivity, and zinc biofortification in maize (*Zea mays* L.) [Electronic version]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, no. 64, pp. 3778-3788.
6. Moghaddasi, S., Fotovat, A., Karimzadeh, F., Khazaei, H. R., Khorassani, R., Lakzian, A. (2017). Effects of coated and non-coated ZnO nano particles on cucumber seedlings grown in gel chamber [Electronic version]. Archives of Agronomy and Soil Science, no. 64, pp. 1108-1120.